

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-079669

(43)Date of publication of application : 19.03.2002

(51)Int.Cl.

B41J 2/045

B41J 2/055

B41J 2/16

(21)Application number : 2000-272433

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 08.09.2000

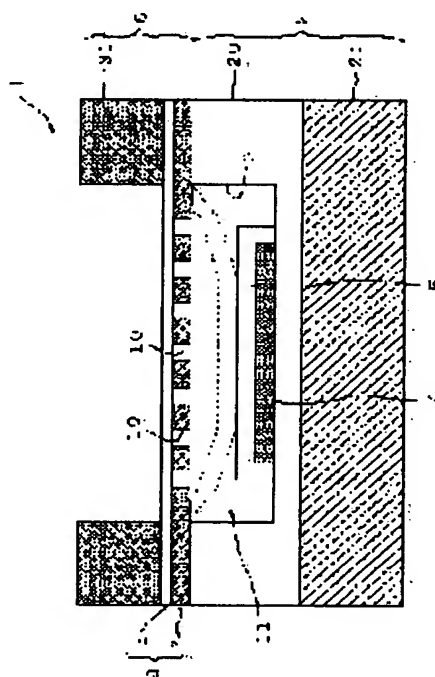
(72)Inventor : MIMURA TADASHI

## (54) INK JET RECORDING HEAD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a compact ink jet recording head having a good ink discharge performance by forming a plurality of recesses to a face of a diaphragm of the side opposite to discrete electrodes and appropriately deforming the diaphragm by a low voltage.

**SOLUTION:** The ink jet recording head 1 has the plurality of recesses 10 formed to the face of the diaphragm 6 of an actuator part 11 opposite to discrete electrodes 4. The actuator part 11 is sealed with having the diaphragm 6 set to a part of each liquid chamber to which ink is supplied through an ink channel from a common liquid chamber, and the discrete electrode 4 arranged via a predetermined gap to be opposite to each diaphragm 6. The volume of the actuator part 11 is increased at a part immediately below the diaphragm 6, and therefore a pressure increase generated inside the actuator part 11 when the diaphragm 6 is deformed towards the discrete electrode 4 is suppressed. The diaphragm 6 is deformed stably by a low power to realize the stable discharge performance for ink drops, enabling high-speed recording and at the same time, enabling an improvement in image quality of recording images.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-79669  
(P2002-79669A)

(43)公開日 平成14年3月19日(2002.3.19)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テームコード\*(参考)

B 4 1 J 2/045  
2/055  
2/16

B 4 1 J 3/04

1 0 3 A 2 C 0 5 7  
1 0 3 H

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願2000-272433(P2000-272433)

(22)出願日 平成12年9月8日(2000.9.8)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 三村 忠士

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

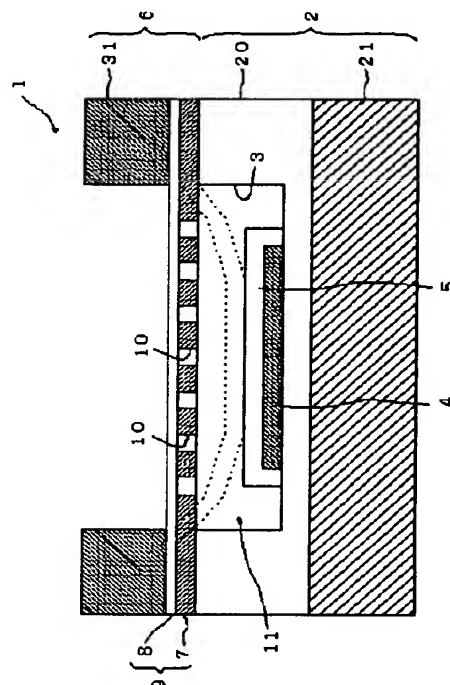
Fターム(参考) 2C057 AF55 AF93 AG53 AG54 AP11  
AP33 AQ02 BA05 BA14 BA15

(54)【発明の名称】 インクジェット記録ヘッド

(57)【要約】

【課題】本発明は、振動板の個別電極に対向する側の面に複数の凹部を形成し、振動板を低電圧で適切に変形させて小型でインク吐出性能の良好なインクジェット記録ヘッドを提供する。

【解決手段】インクジェット記録ヘッド1は、共通液室からインク流路を通してインクの供給される各液室の一部に設けられた振動板6及び各振動板6に所定のギャップをおいて対向して配設された個別電極4を有し封止されているアクチュエータ部11の振動板6の個別電極4に対向する側の面に、複数の凹部10が形成されている。したがって、アクチュエータ部11の体積を振動板6の真下部分で増やして、振動板6が個別電極4側に変形する際にアクチュエータ部11内部に生じる圧力上昇を抑制し、低電力で安定して振動板6を変形させて、安定したインク滴吐出性能を実現して、高速記録を行うことができる。記録画像の画像品質を向上させることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】インクの充填されている複数の液室と、前記各液室に連通して当該液室内の前記インクを吐出する複数のノズルと、前記各液室にインク流路で連通され前記液室に前記インクを供給する共通液室と、前記各液室の一部に設けられた振動板及び前記各振動板に所定のギャップをおいて対向して配設された個別電極を有し封止されているアクチュエータ部と、を備え、前記振動板と前記個別電極との間に印加される電圧で生じる静電気力で前記振動板を変形させて前記液室に圧力を発生させ、当該液室内の前記インクを前記ノズルから吐出させるインクジェット記録ヘッドにおいて、前記振動板は、前記個別電極に対向する側の面に複数の凹部が形成されていることを特徴とするインクジェット記録ヘッド。

【請求項2】前記凹部は、前記振動板に格子状に配置されて形成されていることを特徴とする請求項1記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項3】前記凹部は、前記振動板に千鳥状に配置されて形成されていることを特徴とする請求項1記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項4】前記振動板は、SOI基板を形成基板として形成されていることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項5】前記振動板は、少なくとも前記凹部の形成される領域の面方位が(100)であるシリコンウエハを基板として形成されており、ウェットエッチングで前記凹部が形成されていることを特徴とする請求項1または請求項4記載のインクジェット記録ヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、インクジェット記録ヘッドに関し、詳細には、静電引力を利用して振動板を変位させて、当該振動板上の液室を圧縮してインク滴を吐出するインクジェット記録ヘッドに関する。

## 【0002】

【従来の技術】インクジェット記録ヘッドは、現像・定着等のプロセスを必要とせず、非接触で記録を行うことができるために、記録時の騒音が極めて小さいこと、インクの自由度が高く、安価な普通紙を使用できることなど多くの利点を有していることから、現在注目されている。

【0003】このようなインクジェット記録ヘッドとしては、静電気力で駆動されるアクチュエータを利用したインクジェット記録ヘッドが多く用いられている（特開平2-289351号公報参照）。

【0004】この静電気力を利用したアクチュエータは、振動板と振動板に対向して配置された個別電極間の電位差によって振動板を駆動し、低電圧で駆動可能であることが望ましいが、振動板と個別電極間のギャップが小さい場合、振動板の変位時に密封されたアクチュエー

タ内部の空気圧が上昇して、振動板の変位が十分に得られない（エアダンパ効果）ことがあり、余分な電圧を印加するなどの対策を必要とするという問題がある。

【0005】そこで、従来、ノズルと、該ノズルに連通するインク流路と、該流路の一部に形成された振動板と、該振動板に対向して形成された電極とを有し、前記振動板と前記電極との間に電気パルスを印加し、前記振動板を静電気力により変形させ、前記ノズルからインク液滴を吐出するインクジェットヘッドを有するインクジェット記録装置において、前記振動板と前記電極とによって形成される振動室を少なくとも含むアクチュエータを気密に構成し、かつ、前記アクチュエータの容積 $V$ と、駆動時に前記振動板によって排除される容積 $\Delta V$ との比が、 $2 \leq V / \Delta V \leq 8$ の範囲に入るように、前記アクチュエータの容積 $V$ を設定したことを特徴とするインクジェット記録装置が提案されている（特開平7-299908号公報参照）。そして、このインクジェット記録装置では、前記アクチュエータ容積 $V$ には、前記電極につながる配線部が形成された溝の容積が含まれているものも提案されている。

【0006】また、従来、記録体を吐出する吐出口と、該記録体に吐出の圧力を加える加圧液室を有しかつ該加圧液室の一部を構成する振動板が形成された振動板基板と、電極を形成した電極板とを互に対向する位置に配置し、前記電極と振動板の間に働く静電力によって該振動板を変形せしめ、該振動板の変形によって発生した圧力によって前記記録体を被記録体に吐出する記録ヘッドにおいて、前記振動板が形成されている振動板基板と電極との間隔が、振動板直下での間隔よりも振動板直下以外での間隔の方が長いことを特徴とする記録ヘッドが提案されている（特開平11-34319号公報参照）。

【0007】すなわち、この記録ヘッドは、振動板直下以外の部分でアクチュエータ部の容積を増加させて、振動板の変位による内部圧力の上昇を少なくしている。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記特開平7-299908号公報記載のインクジェット記録装置にあつては、アクチュエータの容積 $V$ と、駆動時に振動板によって排除される容積 $\Delta V$ との比が、 $2 \leq V / \Delta V \leq 8$ の範囲に入るように、アクチュエータの容積 $V$ を設定し、また、アクチュエータ容積 $V$ に、電極につながる配線部が形成された溝の容積が含まれているようにして、配線部が形成されている溝の容積を使ってアクチュエータの容積を増加させている。

【0009】ところが、配線部が形成されている溝の容積を使ってアクチュエータの容積を増加させようとすると、逆に、不必要な配線であっても、配線部の溝でアクチュエータの容積 $V$ を $2 \leq V / \Delta V \leq 8$ の範囲に入る容量に確保するために、当該不必要な配線部分を作成する必要があるという問題があった。

10

20

30

40

50

【0010】また、上記特開平11-34319号公報記載の記録ヘッドにあっては、振動板直下以外の部分でアクチュエータ部の容積を増加させて、振動板の変位による内部圧力の上昇を少なくしようとしているため、アクチュエータ部の内部圧力の上昇を十分に低下させるには、振動板以外の箇所に空間を形成する必要がある、インクジェット記録ヘッドが大型化するという問題があった。

【0011】そして、これらの問題を解決するために、図16に示すように、電極基板100に凹状の所定の容積Vを有する振動室101を形成し、振動室101の底面に個別電極102を形成して、当該個別電極102の表面上を絶縁膜103で被覆している。この振動室101の下部の電極基板100に大きな空気室104が形成されており、空気室104と振動室101を連通する切り欠き105が振動室101の底部に形成されている。

【0012】電極基板100の上面に、振動板基板106が接合されており、振動板基板106には、振動室101に面する部分に振動板107が形成されている。そして、振動室101に形成された個別電極102から振動板107に至るアクチュエータ部108は、封止されている。

【0013】このインクジェット記録ヘッドは、振動板107と個別電極102との間に駆動電圧が印加されると、振動板107が個別電極102との間の静電気力に引っ張られて、復元力と静電気力が釣りあうところまで変位する。

【0014】そして、アクチュエータ部108が封止されている場合、振動板107は、上記静電気力と振動板107自体の復元力の他に、アクチュエータ部108の体積変化による圧力を受けるようになる。振動板107は、このアクチュエータ部108内の内部圧力の上昇をうけ、内部圧力と振動板107の復元力の和が静電気力と釣りあう位置まで戻されることになる。

【0015】ところが、電極基板100には、振動室101、すなわち、アクチュエータ部108に切り欠き105で連通する空気室104が形成されているため、振動室101の容積Vを、空気室104の容積分だけ増大させることができ、振動板107が個別電極102方向に変位することによる排除容積 $\Delta V$ に対する振動室101の実容積を増大させて、エアードンパ効果を低減することができる。

【0016】ところが、上記図16のように、振動室101の底面に切り欠き105で連通する大きな容積の空気室104を形成すると、振動板107が変位する際の空気の移動距離が大きくなり、振動板107の駆動周波数が高いと、振動室101の空気が切り欠き105を通して空気室104に移動する移動速度が振動板107の駆動周波数に追従できなくなり、高周波駆動を行う際に不利となる。

【0017】そこで、請求項1記載の発明は、共通液室からインク流路を通してインクの供給される各液室の一部に設けられた振動板及び各振動板に所定のギャップにおいて対向して配設された個別電極を有し封止されているアクチュエータ部の振動板の個別電極に対向する側の面に、複数の凹部を形成することにより、簡単な構成でアクチュエータ部内部の体積を振動板直下で増やして、振動板が個別電極側に変形する際にアクチュエータ部内部の圧力が上昇して十分な振動板の変位を得ることができなくなるエアードンパ効果を低減し、低電力で安定して振動板を変形させて、高周波駆動を可能とするとともに、安定したインク滴吐出性能（インク滴噴出特性）を実現して、高速記録が可能で、記録画像の画像品質を向上させることのできる小型でかつ安価なインクジェット記録ヘッドを提供することを目的としている。

【0018】請求項2記載の発明は、凹部を、振動板に格子状に配置して形成することにより、凹部を振動板となる部分に均等に配置して、振動板の変位時に加わるエアードンパ効果を効率よく低減するとともに、個別電極と振動板との間に電圧を印加したときに発生する静電気力が、振動板に均一に働いて、効率よく振動板を変位させ、高速記録が可能で、記録画像の画像品質を向上させることのできる小型でかつ安価なインクジェット記録ヘッドを提供することを目的としている。

【0019】請求項3記載の発明は、凹部を、振動板に千鳥状に配置して形成することにより、凹部を振動板となる部分に均等に配置して、振動板の変位時に加わるエアードンパ効果を効率よく低減するとともに、個別電極と振動板との間に電圧を印加したときに発生する静電気力が、振動板に均一に働いて、効率よく振動板を変位させ、高速記録が可能で、記録画像の画像品質を向上させることのできる小型でかつ安価なインクジェット記録ヘッドを提供することを目的としている。

【0020】請求項4記載の発明は、振動板を、SOI基板を形成基板として形成することにより、凹部をドライエッチングまたはウェットエッチングで形成する際のエッチングの終点の検出を適切に行い、凹部の深さ寸法を精度良く形成して、振動板の変位時に加わるエアードンパ効果をより一層効率よく低減して、より一層高速記録が可能で、記録画像のより一層画像品質を向上させることのできる小型でかつ安価なインクジェット記録ヘッドを提供することを目的としている。

【0021】請求項5記載の発明は、振動板を、少なくとも凹部の形成される領域の面方位が(100)であるシリコンウエハを基板として形成し、ウェットエッチングで凹部を形成することにより、シリコンウエハの(100)面をウェットエッチングして凹部を形成すると、エッチング速度が非常に遅い(111)面で囲まれた凹部を得ることができ、凹部の深さ寸法をより一層精度良く形成して、振動板の変位時に加わるエアードンパ効果

をより一層効率よく低減し、より一層高速記録が可能で、記録画像のより一層画像品質を向上させることのできる小型でかつ安価なインクジェット記録ヘッドを提供することを目的としている。

#### 【0022】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明のインクジェット記録ヘッドは、インクの充填されている複数の液室と、前記各液室に連通して当該液室内の前記インクを吐出する複数のノズルと、前記各液室にインク流路で連通され前記液室に前記インクを供給する共通液室と、前記各液室の一部に設けられた振動板及び前記各振動板に所定のギャップをおいて対向して配設された個別電極を有し封止されているアクチュエータ部と、を備え、前記振動板と前記個別電極との間に印加される電圧で生じる静電気力で前記振動板を変形させて前記液室に圧力を発生させ、当該液室内の前記インクを前記ノズルから吐出させるインクジェット記録ヘッドにおいて、前記振動板は、前記個別電極に対向する側の面に複数の凹部が形成されていることにより、上記目的を達成している。

【0023】上記構成によれば、共通液室からインク流路を通してインクの供給される各液室の一部に設けられた振動板及び各振動板に所定のギャップをおいて対向して配設された個別電極を有し封止されているアクチュエータ部の振動板の個別電極に対向する側の面に、複数の凹部を形成しているため、簡単な構成でアクチュエータ部内部の体積を振動板直下で増やして、振動板が個別電極側に変形する際にアクチュエータ部内部の圧力が上昇して十分な振動板の変位を得ることができなくなるエアードンパ効果を低減して、低電力で安定して振動板を変形させて、高周波駆動を可能とすることができ、安定したインク滴吐出性能（インク滴噴出特性）を実現して、高速記録を行うことができるとともに、記録画像の画像品質の良好なインクジェット記録ヘッドを小型でかつ安価なものとすることができる。

【0024】この場合、例えば、請求項2に記載するように、前記凹部は、前記振動板に格子状に配置されて形成されている。

【0025】上記構成によれば、凹部を、振動板に格子状に配置して形成しているため、凹部を振動板となる部分に均等に配置して、振動板の変位時に加わるエアードンパ効果を効率よく低減することができるとともに、個別電極と振動板との間に電圧を印加したときに発生する静電気力が、振動板に均一に働いて、効率よく振動板を変位させることができ、高速記録を行うことができるとともに、記録画像の画像品質のより一層良好なインクジェット記録ヘッドを小型でかつ安価なものとするすることができる。

【0026】また、例えば、請求項3に記載するように、前記凹部は、前記振動板に千鳥状に配置されて形成

されている。

【0027】上記構成によれば、凹部を、振動板に千鳥状に配置して形成しているため、凹部を振動板となる部分に均等に配置して、振動板の変位時に加わるエアードンパ効果を効率よく低減することができるとともに、個別電極と振動板との間に電圧を印加したときに発生する静電気力が、振動板に均一に働いて、効率よく振動板を変位させることができ、高速記録を行うことができるとともに、記録画像の画像品質のより一層良好なインクジェット記録ヘッドを小型でかつ安価なものとするすることができる。

【0028】さらに、例えば、請求項4に記載するように、前記振動板は、SOI基板を形成基板として形成されている。

【0029】上記構成によれば、振動板を、SOI基板を形成基板として形成しているため、凹部をドライエッチングまたはウェットエッチングで形成する際のエッチングの終点の検出を適切に行うことができ、凹部の深さ寸法を精度良く形成して、振動板の変位時に加わるエアードンパ効果をより一層効率よく低減して、より一層高速記録を行うことができるとともに、記録画像の画像品質のより一層良好なインクジェット記録ヘッドを小型でかつ安価なものとするすることができる。

【0030】また、例えば、請求項5に記載するように、前記振動板は、少なくとも前記凹部の形成される領域の面方位が(100)であるシリコンウエハを基板として形成されており、ウェットエッチングで前記凹部が形成されている。

【0031】上記構成によれば、振動板を、少なくとも凹部の形成される領域の面方位が(100)であるシリコンウエハを基板として形成し、ウェットエッチングで凹部を形成しているため、シリコンウエハの(100)面をウェットエッチングして凹部を形成すると、エッチング速度が非常に遅い(111)面で囲まれた凹部を得ることができ、凹部の深さ寸法をより一層精度良く形成して、振動板の変位時に加わるエアードンパ効果をより一層効率よく低減することができ、より一層高速記録を行うことができるとともに、記録画像の画像品質のより一層良好なインクジェット記録ヘッドを小型でかつ安価なものとするすることができる。

#### 【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態を添付図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下に述べる実施の形態は、本発明の好適な実施の形態であるから、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、本発明の範囲は、以下の説明において特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの態様に限られるものではない。

【0033】図1～図7は、本発明のインクジェット記録ヘッドの第1の実施の形態を示す図であり、図1は、

本発明のインクジェット記録ヘッドの第1の実施の形態を適用したインクジェット記録ヘッド1の短辺方向要部断面図である。

【0034】図1において、インクジェット記録ヘッド1は、電極基板2の上面側に振動室3が形成されており、当該振動室3内に個別電極4が形成されている。

【0035】個別電極4の周囲に、保護膜5が形成されており、保護膜5上に、所定間隔開けて、振動板基板6が配設されている。

【0036】振動板基板6には、活性層7と酸化膜層8からなる振動板9が形成されており、振動板9の電極基板2側の層である活性層7には、図2の左側に示すような四角形状の凹部10が複数格子状に形成されている。

【0037】凹部10は、例えば、図2の左側半分に示すように、 $10\mu\text{m}$ 毎のピッチpで形成されており、 $2\times 2\mu\text{m}$ サイズの四角形状で、深さ $1.5\mu\text{m}$ に形成されている。

【0038】電極基板2の振動室3を含む個別電極4から振動板9に至る部分がアクチュエータ部11として機能し、アクチュエータ部11の振動室3は、図示しない封止材で封止されて、密閉状態となっている。

【0039】インクジェット記録ヘッド1は、図1には図示しないが、振動板基板6に、各振動板9毎に形成された液室、各液室に連通するインク流路及びインク流路を通して各液室にインクを供給する共通液室等が形成されている。

【0040】この振動板基板6上に図示しないノズル基板が配設されており、ノズル基板には、各液室に連通するノズルが形成されている。

【0041】上記インクジェット記録ヘッド1は、図3～図7に示す手順で製造される。すなわち、電極基板2部分は、図1及び図7に示すように、電極基板2として、その上面に $2\mu\text{m}$ の厚さに酸化膜20の形成されたSi基板21を使用し、Si基板21の酸化膜( $\text{SiO}_2$ )20に、窪みを $0.4\mu\text{m}$ ドライエッチングで形成して振動室3とする。

【0042】この振動室3となる窪みの底面に、厚さ $0.1\mu\text{m}$ のTiNをスパッタリングにより成膜し、その後ドライエッチングによりパターンを形成して、個別電極4を形成する。

【0043】次に、電極保護膜5として、 $\text{SiO}_2$ を $0.1\mu\text{m}$ の厚さでLP-CVDにより成膜し、レジストコート、露光、現像を行った後、ドライエッチングによりパターンングした。

【0044】振動板基板6は、図3に示すように、SOI基板30を用い、SOI基板30は、ベース基板31が厚さ $400\mu\text{m}$ の基板であり、電極基板2に接合される面側に、厚さ $1.5\mu\text{m}$ のシリコンからなる活性層7が形成され、ベース基板31と活性層7との間に、厚さ $1.5\mu\text{m}$ の酸化膜層8が形成されている。

【0045】このSOI基板30の活性層7側の面に、図4に示すように、レジストコート膜32を形成し、パターンングにより振動板9となる部分全体に、ピッチp $10\mu\text{m}$ で、 $2\times 2\mu\text{m}$ のサイズで格子状にシリコンを露出させ、図5に示すように、ドライエッチングによりエッチングを行って、エッチング深さが、 $1.5\mu\text{m}$ の酸化膜層8に達したところで、エッチングをストップさせる。

【0046】エッチングを完了すると、図6に示すように、レジストコート膜32を除去すると、縦 $2\times$ 横 $2\times$ 深さ $1.5\mu\text{m}$ の凹部10が活性層7に形成され、振動板基板6が作成される。

【0047】その後、凹部10の形成されたSOI基板30、すなわち、振動板基板6を、上記電極基板2上に、図7に示すように、直接接合により接合する。この直接接合の接合条件としては、減圧下でプリボンドした後、 $900^\circ\text{C}$ で2時間接合し、その後、機械研磨を行って振動板基板6を $100\mu\text{m}$ まで減厚する。

【0048】そして、振動板9の上面に、窒化膜を $0.2\mu\text{m}$ の厚さに形成し、液室となる部分だけ窒化膜が露出するようにパターンングし、ドライエッチングでシリコンを露出させる。その後(110)のSiをウエットエッチングで酸化膜層8までエッチングして液室を形成すると、液室の形成と同時に $3\mu\text{m}$ 厚の振動板9を得ることができる。

【0049】なお、上記製造方法では、ドライエッチングにより凹部10を形成しているが、ウエットエッチングで凹部10を形成してもよい。

【0050】ウエットエッチングで凹部10を形成する場合は、SOI基板30の(110)面の活性層7に、 $\text{SiO}_2$ をLP-CVDにより $0.2\mu\text{m}$ の厚さに形成し、ドライエッチでパターンングしてSiを露出させる。次に、ウエットエッチングにより、凹部10を形成し、 $\text{SiO}_2$ の面に達した時点で、ウエットエッチングをストップすることで、目的の形状の凹部10を形成することができる。

【0051】また、上記製造方法では、振動板基板6として、SOIを用いているが、SOIに限るものではなく、例えば、振動板基板6としては、シリコン基板に高濃度の不純物(例えば、ボロン)を拡散させたようなSi振動板を用いてもよく、この場合、エッチング時間を制御することで、凹部10を寸法精度よく形成することができる。

【0052】このようにして形成した振動板基板6には、その振動板9部分の振動室3側の面、すなわち、個別電極4に対向する側の面に複数の凹部10が格子状に形成されており、この凹部10は、上記例では、ピッチp $10\mu\text{m}$ で、縦 $2\times$ 横 $2\times$ 深さ $1.5\mu\text{m}$ のサイズに格子状に形成しているが、振動板9が振動室3側に変形した際のエアードンパ効果の低減作用を、振動板9とし



ての機能を損なわずに形成するには、ピッチ $p$ を、 $1 \sim 100 \mu\text{m}$ 、底面積を、 $0.5 \mu\text{m}^2 \sim 500 \mu\text{m}^2$ 、深さを、 $0.05 \sim 4 \mu\text{m}$ の範囲で形成することが望ましい。

【0053】そして、本実施の形態の凹部10の場合、その体積 $V$ は、 $2 \times 2 \times 1.5$ の $6 \mu\text{m}^3$ であり、振動室3の体積は、長手方向 $1000 \mu\text{m} \times$ 短手方向 $130 \mu\text{m} \times$ ギャップ $g$   $0.2 \mu\text{m}$ とした場合、振動板9が振動室3方向、すなわち、個別電極4方向に変形することにより減少する減少体積を $\Delta V$ とすると、 $V/\Delta V$ は、

約2.5となる。

【0054】次に、本実施の形態の作用を説明する。本実施の形態のインクジェット記録ヘッド1は、アクチュエータ部11を封止しても、振動板6の個別電極4側の面に複数の凹部10を形成することで、アクチュエータ部11内の容量を適切に増加させ、大きな電力を用いることなく、振動板6を適切に振動させて、小型化するとともにインク吐出性能を向上させたところにその特徴がある。

【0055】すなわち、インクジェット記録ヘッド1は、個別電極4と共通電極として機能する振動板6との間に電圧 $V$ が印加されると、個別電極4と振動板6との間に、電極間距離の2乗に反比例する静電引力が発生し、振動板6は、静電気力に引っ張られて、復元力と静電気力が釣りあうところまで変位する。

【0056】そして、アクチュエータ部11が封止されている場合、振動板6は、上記静電気力と振動板6自体の復元力の他に、アクチュエータ部11の体積変化による圧力を受けるようになる。振動板6は、このアクチュエータ部11内の内部圧力の上昇を受け、内部圧力と振動板6の復元力の和が静電気力と釣りあう位置まで戻されることになる。

【0057】この状態で吐出に必要な変位を振動板6に生じさせるには、アクチュエータ部11の内部圧力の上昇分と釣りあうだけの静電気力を余分に発生させる必要がある。そして、アクチュエータ部11の内部圧力の上昇は、駆動電圧を印加しない状態（振動板6が変位していない状態）でのアクチュエータ部11の体積と振動板6が変位した後のアクチュエータ部11の体積の割合で決まる。

【0058】すなわち、図8及び図9に、振動板6に凹部10を形成せずに上記本実施の形態のインクジェット記録ヘッド1と同様の方法で作成した従来のインクジェット記録ヘッド40を示しているが、この従来のインクジェット記録ヘッド40は、振動板6に凹部10が形成されていない以外は、本実施の形態のインクジェット記録ヘッド1と同様である。そこで、図8及び図9では、インクジェット記録ヘッド1と同様の構成部分には、同一の符号を付しており、振動板基板41に活性層42と酸化膜層43からなる振動板44が形成されている。ま

た、図9では、振動板44上に液室45が形成され、液室45がインク流路46を通して共通液室47に連通されている。これら液室45、インク流路46及び共通液室47を覆う状態でノズル基板48が接合されており、ノズル基板48には、液室45に連通するノズル49が形成されている。そして、振動室3は、図9に示すように、振動室容積部分と配線用溝容積部分とに分けることができ、振動室3の体積 $V$ は、短手方向の長さを、 $a$ 、長手方向の長さを、 $b$ 、振動板44と個別電極4との距離を、 $g$ とすると、 $V = a \times b \times g$ となる。

【0059】この従来のインクジェット記録ヘッド40の場合、振動板44が振動室3方向に変形した場合の排除体積 $\Delta V$ は、 $\Delta V = 8 \times a \times b \times g / 15$ となる。

【0060】ここで、振動室3の容積 $V$ と排除体積 $\Delta V$ の比 $V/\Delta V$ は、 $15/8$ となり、2以下である。

【0061】そして、実験の結果、エアードンパ効果は、アクチュエータ容積 $V$ としては、振動板9、44の直下の振動室3の容積の増加のみが大きな効果を及ぼし、振動板9、44の直下以外の容積増加、すなわち、図9に示す配線用溝容積による容積増加等によるエアードンパ効果の低減効果は小さいことが判明した。

【0062】したがって、図8及び図9に示した従来の構成では、振動室3の容積 $V$ を大きくして、振動室3の容積 $V$ と排除体積 $\Delta V$ の比 $V/\Delta V$ を大きくすることはできない。

【0063】そこで、本実施の形態のインクジェット記録ヘッド1は、上述のように、振動板6の個別電極4に対向する側の面に、複数の凹部10を形成することで、アクチュエータ部11内の体積、すなわち、振動板6の真下の振動室3の体積を増加させ、振動板6が変形することによるアクチュエータ部11内部の圧力増加を緩和して、低電圧駆動を可能にしている。

【0064】そして、本実施の形態のインクジェット記録ヘッド1の振動板9の変位量と、本実施の形態のインクジェット記録ヘッド1と同様の方法と寸法で作製した図8及び図9に示した振動板44に凹部の形成されていないインクジェット記録ヘッド40の振動板44の変位量を測定したところ、振動板9、44が電極基板2に接触を開始する駆動電圧は、凹部10を設けた振動板9の方が低く、凹部10が振動室3として機能したことが確認できた。

【0065】また、振動板9の活性層7に凹部10を配置するにあたって、図2の左側半分に示したように、格子状に配置したことで、振動板9に様な凹部10を分布させることができ、エアードンパ効果による振動板9の変位抵抗を効率よく抑制することができる。

【0066】したがって、アクチュエータ部11を封止する場合にも、複数の凹部10を振動板6の個別電極4に対向する側の面に形成するという簡単な構成でアクチュエータ部11内部の体積を振動板6の真下部分で増や



して、振動板6が個別電極4側に変形する際にアクチュエータ部11内部に生じる圧力上昇を抑制することができ、低電力で安定して振動板6を変形させて、高周波駆動を可能とするとともに、安定したインク滴吐出性能を実現して、高速記録を行うことができるとともに、記録画像の画像品質の良好なインクジェット記録ヘッド1を小型でかつ安価なものとする事ができる。

【0067】さらに、本実施の形態のインクジェット記録ヘッド1は、振動板9を、SOI基板30を形成基板として形成している。

【0068】したがって、凹部10をドライエッチングまたはウエットエッチングで形成する際のエッチングの終点の検出を適切に行うことができ、凹部10の深さ寸法を精度良く形成して、振動板9の変位時に加わるエアードンパ効果をより一層効率よく低減して、より一層高速記録を行うことができるとともに、記録画像の画像品質のより一層良好なインクジェット記録ヘッド1を小型でかつ安価なものとする事ができる。

【0069】図10～図15は、本発明のインクジェット記録ヘッドの第2の実施の形態を示す図であり、図10は、本発明のインクジェット記録ヘッドの第2の実施の形態を適用したインクジェット記録ヘッド50の短辺方向要部断面図である。

【0070】なお、本実施の形態は、上記第1の実施の形態のインクジェット記録ヘッド1と同様のインクジェット記録ヘッドに適用したものであり、第1の実施の形態のインクジェット記録ヘッド1と同様の構成部分には、同一の符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【0071】図10において、インクジェット記録ヘッド50は、その電極基板2側の構成は、上記第1の実施の形態と同様であり、振動板基板51には、振動板52が形成されている。振動板52には、その個別電極4側の面に、複数の凹部53が形成されており、凹部53は、図2の右側半分に示すように、四角錐形状に形成されているとともに、千鳥状に配置して形成されている。上記電極基板2の振動室3を含む個別電極4から振動板52に至る部分がアクチュエータ部54として機能し、アクチュエータ部54の振動室3は、図示しない封止材で封止されて、密閉状態となっている。

【0072】この振動板基板51は、図11～図15に示すように、以下の手順で製造される。すなわち、振動板基板51としては、図11に示すように、SOI基板60を用い、SOI基板60は、ベース基板61が厚さ400 $\mu\text{m}$ の基板であり、電極基板2に接合される面側に、厚さ3 $\mu\text{m}$ で面方位が(100)のシリコンからなる活性層62が形成され、ベース基板61と活性層62との間に、厚さ0.5 $\mu\text{m}$ の酸化膜層63が形成されている。

【0073】このSOI基板60の活性層62側の面に、 $\text{SiO}_2$ を、LP-CVDにより0.15 $\mu\text{m}$ 成膜

し、次いで、図12に示すように、レジストコート膜64を形成して、パターニングにより振動板52となる部分全体に、10 $\mu\text{m}$ のピッチpで、3 $\times$ 3 $\mu\text{m}$ のサイズで、千鳥状に $\text{SiO}_2$ を露出させる。次に、ドライエッチにより、 $\text{SiO}_2$ をエッチングし、Siを露出させる。その後、図13に示すように、KOHによるウエットエッチングで、図2の右側半分に示したような四角錐形状の凹部53を形成する。

【0074】すなわち、凹部53の形成においては、Siの(100)面をウエットエッチングすることで、図2の右側半分に示したように、エッチングの進行速度が非常に遅い(111)面によって囲まれた四角錐の形状の凹部53が形成される。すなわち、Siを露出させる大きさによって、凹部53の深さを決定することができ、寸法を精度よく制御することができる。

【0075】ウエットエッチングを完了すると、図14に示すように、レジストコート膜64を除去すると、縦3 $\times$ 3 $\mu\text{m}^2$ ×深さ2.15 $\mu\text{m}$ の四角錐形状の凹部53が複数活性層62に形成され、振動板基板51が作成される。

【0076】その後、複数の凹部53の形成されたSOI基板60、すなわち、振動板基板51を、上記電極基板2上に、図15に示すように、直接接合により接合する。この直接接合の接合条件としては、減圧下でプリボンドした後、900℃で2時間接合し、その後、機械研磨を行って振動板基板51を100 $\mu\text{m}$ まで減厚する。以下、上記第1の実施の形態と同様に、液室まで完成させる。

【0077】なお、本実施の形態では、振動板52に形成する複数の凹部53を、10 $\mu\text{m}$ のピッチpで、底面積3 $\times$ 3 $\mu\text{m}^2$ ×深さ2.15 $\mu\text{m}$ のサイズに形成しているが、振動板52が振動室3側に変形した際のエアードンパ効果の低減作用を、振動板52としての機能を損なわずに形成するには、ピッチpを、1～100 $\mu\text{m}$ 、底面積を、0.5 $\mu\text{m}^2$ ～500 $\mu\text{m}^2$ 、深さを、0.05～4 $\mu\text{m}$ の範囲で形成することが望ましい。

【0078】そして、本実施の形態の凹部53の場合、その体積Vは、6.45 $\mu\text{m}^3$ であり、振動室3の体積は、長手方向1000 $\mu\text{m}$ ×短手方向130 $\mu\text{m}$ ×ギャップg0.2 $\mu\text{m}$ とした場合、振動板52が振動室3方向、すなわち、個別電極4方向に変形することにより減少する減少体積を $\Delta V$ とすると、 $V/\Delta V$ は、約2.5となる。

【0079】本実施の形態のインクジェット記録ヘッド50は、上述のように、振動板52の個別電極4に対向する側の面に、複数の凹部53を形成することで、アクチュエータ部54内の体積、すなわち、振動板6の真下の振動室3の体積を増加させ、振動板52が変形することによるアクチュエータ部54内部の圧力増加を緩和して、低電圧駆動を可能にしている。

【0080】そして、本実施の形態のインクジェット記録ヘッド50の振動板9の変位量と、本実施の形態のインクジェット記録ヘッド1と同様の方法と寸法で作製した図8及び図9に示したインクジェット記録ヘッド40の振動板44の変位量を測定したところ、振動板52、44が電極基板2に接触を開始する駆動電圧は、凹部53を設けた振動板52の方が低く、凹部53が振動室3として機能したことが確認できた。

【0081】また、振動板52の活性層62に凹部53を配置するにあたって、図2の右側半分に示したように、千鳥状に配置したことで、振動板52に一樣な凹部53を分布させることができ、エアードンパによる振動板52の変位抵抗を効率よく抑制することができる。

【0082】したがって、アクチュエータ部54を封止する場合にも、複数の凹部53を振動板52の個別電極4に対向する側の面に形成するという簡単な構成でアクチュエータ部54内部の体積を振動板52の真下部分で増やして、振動板52が個別電極4側に変形する際にアクチュエータ部54内部に生じる圧力上昇を抑制することができ、低電力で安定して振動板52を変形させて、高周波駆動を可能とするとともに、安定したインク滴吐出性能を実現して、高速記録を行うことができるとともに、記録画像の画像品質の良好なインクジェット記録ヘッド50を小型でかつ安価なものとする事ができる。

【0083】さらに、本実施の形態のインクジェット記録ヘッド50は、振動板52を、SOI基板60を形成基板として形成している。

【0084】したがって、凹部53をドライエッチングまたはウェットエッチングで形成する際のエッチングの終点の検出を適切に行うことができ、凹部53の深さ寸法を精度良く形成して、振動板52の変位時に加わるエアードンパ効果をより一層効率よく低減して、より一層高速記録を行うことができるとともに、記録画像の画像品質のより一層良好なインクジェット記録ヘッド50を小型でかつ安価なものとする事ができる。

【0085】また、本実施の形態のインクジェット記録ヘッド50は、振動板52を、少なくとも凹部53の形成される領域の面方位が(100)であるシリコンウエハ60を基板として形成し、ウェットエッチングで凹部53を形成している。

【0086】したがって、シリコンウエハ60の(100)面をウェットエッチングして凹部53を形成すると、エッチング速度が非常に遅い(111)面で囲まれた凹部53を得ることができ、凹部53の深さ寸法をより一層精度良く形成して、振動板52の変位時に加わるエアードンパ効果をより一層効率よく低減することができ、より一層高速記録を行うことができるとともに、記録画像の画像品質のより一層良好なインクジェット記録ヘッド50を小型でかつ安価なものとする事ができる。

【0087】さらに、凹部53を、振動板52に千鳥状に配置して形成している。したがって、凹部53を振動板52となる部分に均等に配置して、振動板52の変位時に加わるエアードンパ効果を効率よく低減することができるとともに、個別電極4と振動板52との間に電圧を印加したときに発生する静電気力が、振動板52に均一に働いて、効率よく振動板52を変位させることができ、高速記録を行うことができるとともに、記録画像の画像品質のより一層良好なインクジェット記録ヘッド50を小型でかつ安価なものとする事ができる。

【0088】なお、上記各実施の形態に示したインクジェット記録ヘッド1及びインクジェット記録ヘッド50は、上記構成においても十分にエアードンパ効果の低減作用を発揮させることができるが、上記図8及び図9に示した配線用溝容積を形成したインクジェット記録ヘッド40の構成とを組み合わせる用いてもよく、このようにすると、エアードンパ効果の低減作用をより一層効率的に発揮させることができる。

【0089】以上、本発明者によってなされた発明を好適な実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は上記のものに限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

#### 【0090】

【発明の効果】請求項1記載の発明のインクジェット記録ヘッドによれば、共通液室からインク流路を通してインクの供給される各液室の一部に設けられた振動板及び各振動板に所定のギャップをおいて対向して配設された個別電極を有し封止されているアクチュエータ部の振動板の個別電極に対向する側の面に、複数の凹部を形成しているので、簡単な構成でアクチュエータ部内部の体積を振動板直下で増やして、振動板が個別電極側に変形する際にアクチュエータ部内部の圧力が上昇して十分な振動板の変位を得ることができなくなるエアードンパ効果を低減して、低電力で安定して振動板を変形させて、高周波駆動を可能とすることができ、安定したインク滴吐出性能(インク滴噴出特性)を実現して、高速記録を行うことができるとともに、記録画像の画像品質の良好なインクジェット記録ヘッドを小型でかつ安価なものとする事ができる。

【0091】請求項2記載の発明のインクジェット記録ヘッドによれば、凹部を、振動板に格子状に配置して形成しているので、凹部を振動板となる部分に均等に配置して、振動板の変位時に加わるエアードンパ効果を効率よく低減することができるとともに、個別電極と振動板との間に電圧を印加したときに発生する静電気力が、振動板に均一に働いて、効率よく振動板を変位させることができ、高速記録を行うことができるとともに、記録画像の画像品質のより一層良好なインクジェット記録ヘッドを小型でかつ安価なものとする事ができる。

【0092】請求項3記載の発明のインクジェット記録ヘッドによれば、凹部を、振動板に千鳥状に配置して形成しているので、凹部を振動板となる部分に均等に配置して、振動板の変位時に加わるエアードンパ効果を効率よく低減することができるとともに、個別電極と振動板との間に電圧を印加したときに発生する静電気が、振動板に均一に働いて、効率よく振動板を変位させることができ、高速記録を行うことができるとともに、記録画像の画像品質のより一層良好なインクジェット記録ヘッドを小型でかつ安価なものとするができる。

【0093】請求項4記載の発明のインクジェット記録ヘッドによれば、振動板を、SOI基板を形成基板として形成しているので、凹部をドライエッチングまたはウェットエッチングで形成する際のエッチングの終点の検出を適切に行うことができ、凹部の深さ寸法を精度良く形成して、振動板の変位時に加わるエアードンパ効果をより一層効率よく低減して、より一層高速記録を行うことができるとともに、記録画像の画像品質のより一層良好なインクジェット記録ヘッドを小型でかつ安価なものとするができる。

【0094】請求項5記載の発明のインクジェット記録ヘッドによれば、振動板を、少なくとも凹部の形成される領域の面方位が(100)であるシリコンウエハを基板として形成し、ウェットエッチングで凹部を形成しているので、シリコンウエハの(100)面をウェットエッチングして凹部を形成すると、エッチング速度が非常に遅い(111)面で囲まれた凹部を得ることができ、凹部の深さ寸法をより一層精度良く形成して、振動板の変位時に加わるエアードンパ効果をより一層効率よく低減することができ、より一層高速記録を行うことができるとともに、記録画像の画像品質のより一層良好なインクジェット記録ヘッドを小型でかつ安価なものとすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のインクジェット記録ヘッドの第1の実施の形態を適用したインクジェット記録ヘッドの短辺方向断面図。

【図2】図1及び図10のインクジェット記録ヘッドの個別電極側から見た振動板の平面図。

【図3】図2の振動板基板の製造工程の振動板基板として用いられるSOI基板の短辺方向断面図。

【図4】図3のSOI基板の活性層側の面にレジストコート膜を形成した短辺方向断面図。

【図5】図4のSOI基板をドライエッチングして凹部を形成した短辺方向断面図。

【図6】図5の凹部の形成されたSOI基板からレジストコート膜を除去した短辺方向断面図。

【図7】図6のSOI基板と電極基板を接合した状態の短辺方向断面図。

【図8】振動室に配線用溝容積を有する従来のインクジ

ェット記録ヘッドの短辺方向断面図。

【図9】図8のインクジェット記録ヘッドの長辺方向断面図。

【図10】本発明のインクジェット記録ヘッドの第2の実施の形態を適用したインクジェット記録ヘッドの短辺方向断面図。

【図11】図10の振動板基板の製造工程の振動板基板として用いられるSOI基板の短辺方向断面図。

【図12】図11のSOI基板の活性層側の面にレジストコート膜を形成した短辺方向断面図。

【図13】図12のSOI基板をドライエッチングしてSiを露出させた後、ウェットエッチングして凹部を形成した短辺方向断面図。

【図14】図13の凹部の形成されたSOI基板からレジストコート膜を除去した短辺方向断面図。

【図15】図14のSOI基板と電極基板を接合した状態の短辺方向断面図。

【図16】振動室に連通する空気室の形成された従来のインクジェット記録ヘッドの短辺方向断面図。

#### 【符号の説明】

- |    |              |
|----|--------------|
| 1  | インクジェット記録ヘッド |
| 2  | 電極基板         |
| 3  | 振動室          |
| 4  | 個別電極         |
| 5  | 保護膜          |
| 6  | 振動板基板        |
| 7  | 活性層          |
| 8  | 酸化膜層         |
| 9  | 振動板          |
| 10 | 凹部           |
| 11 | アクチュエータ部     |
| 12 | 蓋部材          |
| 20 | 酸化膜          |
| 21 | Si基板         |
| 30 | SOI基板        |
| 31 | ベース基板        |
| 32 | レジストコート膜     |
| 40 | インクジェット記録ヘッド |
| 41 | 振動板基板        |
| 42 | 活性層          |
| 43 | 酸化膜層         |
| 44 | 振動板          |
| 45 | 液室           |
| 46 | インク流路        |
| 47 | 共通液室         |
| 48 | ノズル基板        |
| 49 | ノズル          |
| 50 | インクジェット記録ヘッド |
| 51 | 振動基板         |
| 52 | 振動板          |

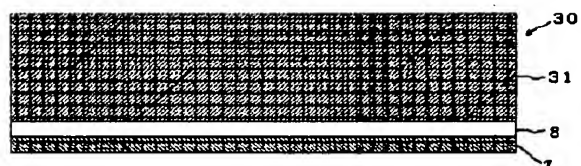
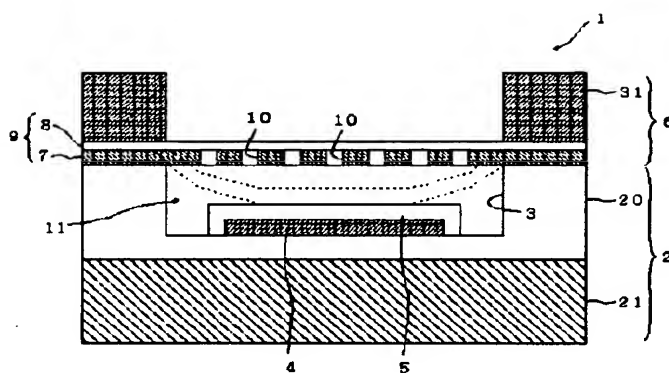
53 凹部  
54 アクチュエータ部  
60 SOI基板  
61 ベース基板

\* 62 活性層  
63 酸化膜層  
64 レジストコート膜

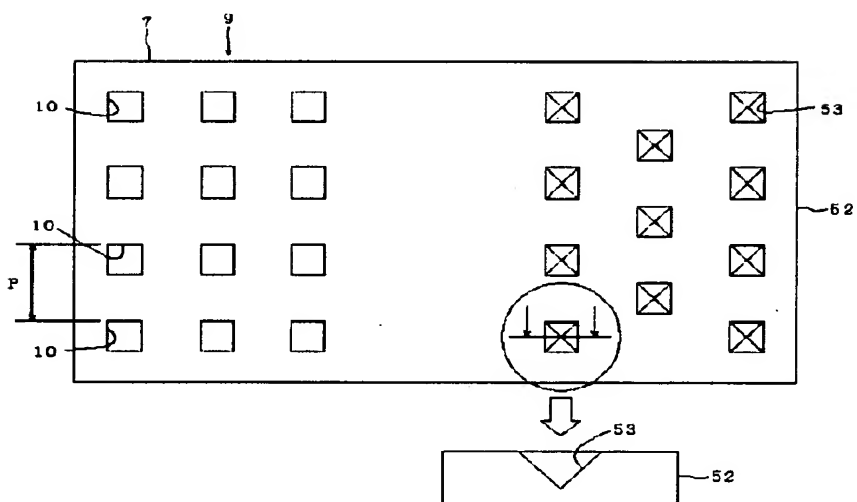
\*

【図1】

【図3】

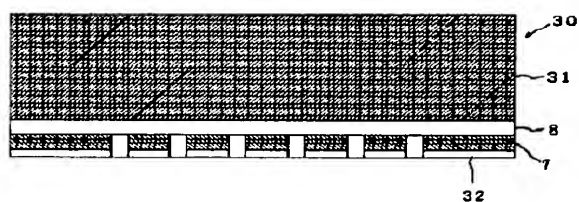
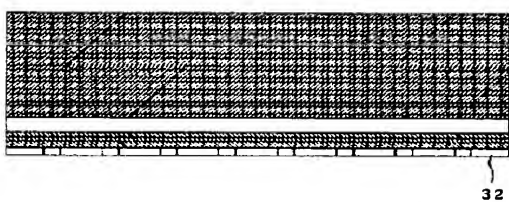


【図2】

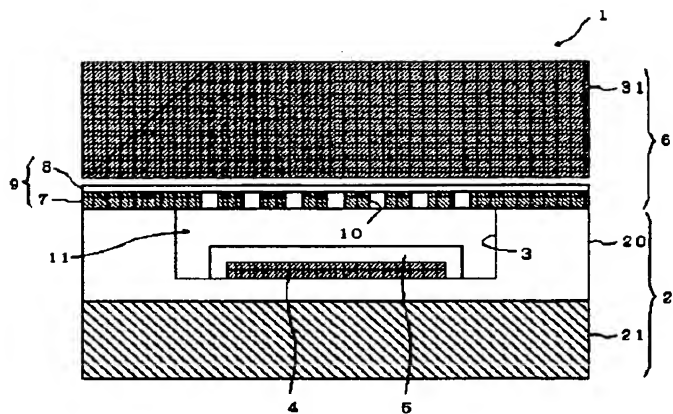


【図4】

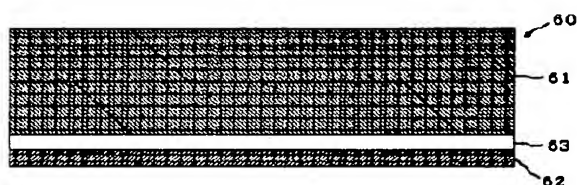
【図5】



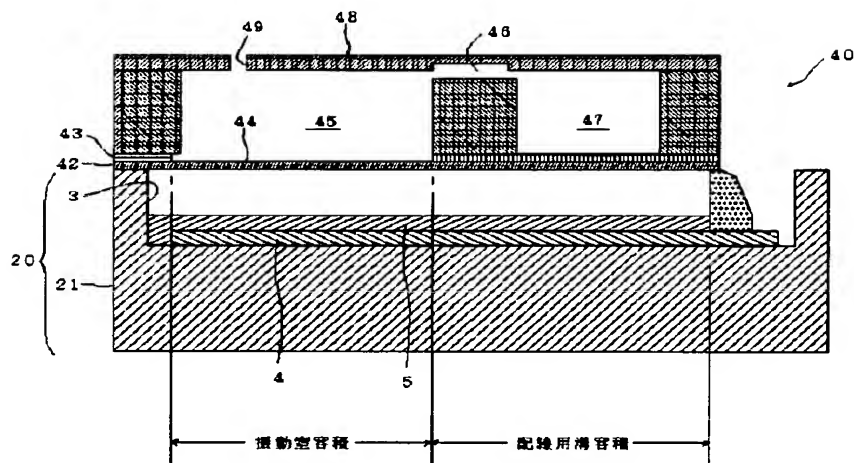
【图7】



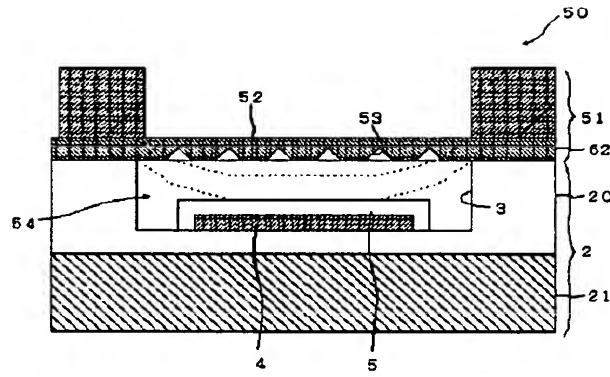
【图 1-1】



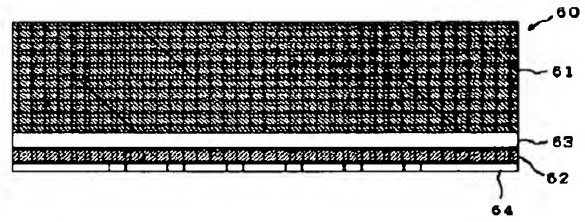
【图9】



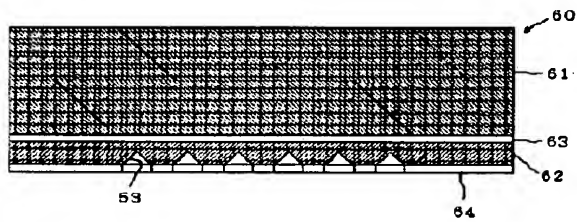
【図10】



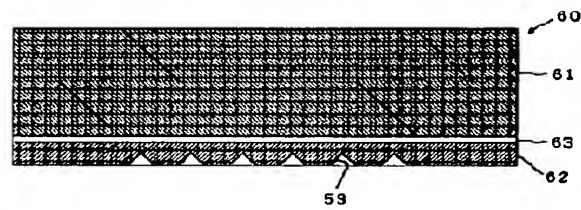
【図12】



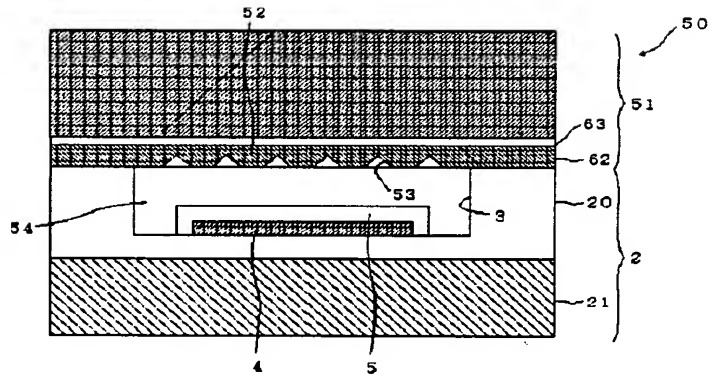
【図13】



【図14】



【図15】



【図16】

